

**/Zavod za
telekomunikacije**

Diplomski studij

**Elektrotehnika i informacijska tehnologija, Informacijska i komunikacijska tehnologija,
Računarstvo**

Izborni predmet profila

Internet stvari

Akadska godina 2022./2023.

1. i 2. laboratorijska vježba

Priprema



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

**Fakultet
elektrotehnike i
računarstva**

Sadržaj

1. Uvod.....	2
2. Mrežna tehnologija ZigBee.....	3
3. Uređaji Wasmote.....	3
3.1. Instalacija Wasmote PRO IDE	3
3.2. Očitavanje senzorskih mjerenja.....	3
3.3. Konfiguracija komunikacijskog modula ZigBee.....	4
3.4. Slanje podataka korištenjem komunikacijskog modula ZigBee.....	4
3.5. Primanje podataka korištenjem komunikacijskog modula ZigBee	4
3.6. Zadatak za pripremu	4
4. Mrežni prilaz Wasmote	5
4.1. Alat XCTU	5
4.2. Obrada ZigBee-paketa u Javi	5
4.3. Zadatak za pripremu	5
5. MQTT (Message Queueing Telemetry Transport)	6
5.1. Instalacija MQTT brokera	6
5.2. Korištenje MQTT klijenta Paho za Javu	6

1. Uvod

Cilj 1. i 2. laboratorijske vježbe je utvrditi znanje gradiva s predavanja o Internetu stvari, bežičnim mrežama senzora i protokolima aplikacijskog sloja Interneta stvari primjenom na konkretnim primjerima. Primjeri za vježbu se izvode na uređajima (senzorskim čvorovima) Libelium Waspote v1.5, mrežnim prilazima Waspote korištenjem mrežne tehnologije ZigBee (IEEE 802.15.4), te na vlastitim računalima preko kojih se upravlja navedenim uređajima.

Tri uređaja i jedan mrežni prilaz Waspote su prikazani na Slici 1. Na uređaje Waspote (engl. *Waspote device*) prikazane na desnom dijelu slike je spojen komunikacijski modul ZigBee. U osnovnom načinu rada koji ćete implementirati na samoj laboratorijskoj vježbi, uređaj očitava senzorsku vrijednost s ugrađenog senzora (akcelerometar) ili vanjskih senzora (temperatura ili vlaga) te šalje očitavanje na mrežni prilaz Waspote (engl. *Waspote gateway*), prikazan na lijevom dijelu slike, na kojeg je također spojen komunikacijski modul ZigBee i koji se korištenjem USB-priključka spaja na računalu. U sklopu laboratorijske vježbe isprobat će se osnovni način rada i različite postavke komunikacijskog modula ZigBee spojenog na uređaje i mrežni prilaz te različite topologije mreže ZigBee.



Slika 1 Uređaji Waspote (desno) i mrežni prilaz Waspote (lijevo)

Nakon što uspješno uspostavite ZigBee komunikaciju, na laboratorijskoj vježbi ćete podatke primljene na mrežnom prilazu slati upravljačkom procesu (pokrenutom na vlastitom računalu) preko protokola MQTT te ćete preko istog protokola slati naredbe natrag do mrežnog prilaza koji će ih prosljeđivati do uređaja.

Prije dolaska na laboratorijsku vježbu je potrebno upoznati se s osnovama rada na uređajima i mrežnom prilazu Waspote te s osnovama rada s protokolom MQTT u Javi.

U terminu laboratorijske vježbe (4-satni termini od 22.3.-14.4.) studenti će dobiti na raspolaganje uređaj Waspote ili mrežni prilaz Waspote na kojima će izvršavati zadane zadatke.

Svi studenti prije dolaska na vježbu trebaju proći kroz sva poglavlja ovog dokumenta te instalirati sve potrebne alate. U poglavljima 3, 4 i 5 su navedeni zadaci za pripremu koje se preporučuje proučiti prije dolaska na termin laboratorijske vježbe. U laboratoriju studenti trebaju pokrenuti programe na uređaju Wasmote, mrežnom prilazu Wasmote ili upravljački proces na vlastitom računalu (ovisno o inačici). Upute za izvedbu same vježbe biti će objavljene naknadno.

Svi studenti trebaju na laboratorijsku vježbu donijeti vlastito računalo. Ukoliko to nije moguće, javite se asistentima prije dolaska na termin kako bi vam se osiguralo računalo.

2. Mrežna tehnologija ZigBee

ZigBee (802.15.4) je mrežna tehnologija koja se koristi za povezivanje IoT-uređaja (često se upotrebljavaju i termini *senzorski čvorovi*, *M2M-uređaji*, *mali uređaji*, *stvari* i sl.) i koju ćete koristiti u sklopu laboratorijske vježbe. Za početak je potrebno upoznati se s osnovama. U dokumentu *Wasmote ZigBee Networking Guide* (http://www.libelium.com/downloads/documentation/wasmote-zigbee-networking_guide.pdf, dostupno i kao web-stranica na poveznici <https://development.libelium.com/zigbee-networking-guide/introduction>) proučite osnove o hardveru i softveru za ZigBee (poglavlja 1, 2 i 3), a posebnu pozornost obratite na poglavlje 5 u kojem se spominju parametri bitni za komunikaciju korištenjem mrežne tehnologije ZigBee.

3. Uređaji Wasmote

Osnovne informacije o uređajima Wasmote (*Wasmote device*) mogu se pronaći u tehničkoj dokumentaciji (<https://development.libelium.com/wasmote-technical-guide/>). Proučite osnove o uređaju (<https://development.libelium.com/wasmote-technical-guide/wasmote-kit>) i razvojnom okruženju (<https://development.libelium.com/wasmote-technical-guide/working-environment>).

3.1. Instalacija Wasmote PRO IDE

Raspakirajte Wasmote PRO IDE (<https://development.libelium.com/wasmote-ide-v06/>) i instalirajte ga prema uputama navedenim u poglavlju *Installation* unutar dokumenta *IDE User Guide* (<https://development.libelium.com/ide-user-guide/installation>).

U Wasmote PRO IDE direktoriju, poddirektoriju *examples* su dostupni brojni primjeri za korištenje različitih senzora i komunikacijskih modula spojenih na uređaj Wasmote (na laboratorijskoj vježbi ćete koristiti verziju 1.5). U nastavku su predstavljeni primjeri osnovnih operacija na uređajima Wasmote.

3.2. Očitavanje senzorskih mjerenja

Uređaji Wasmote prvenstveno se koriste za opažanje okoline korištenjem različitih senzora. U sklopu laboratorijske vježbe vaš zadatak će biti očitavati vrijednosti s temperaturnog senzora, senzora vlage ili akcelerometra te ih slati do sljedećeg IoT-uređaja u mrežnoj topologiji ili do mrežnog prilaza.

Na vježbi će se očitavati vrijednosti s ugrađenog akcelerometra, stoga za početak proučite primjer `examples\01.General\ACCELEROMETER\ACC_05_inertial_wake_up_interrupt`. Očitavanja temperature i vlage

će se dobivati sa senzora BME280 koji će biti spojen na Events Sensor Board v3.0, stoga prije vježbe proučite primjer **examples\02.Sensors\Smart_Events_v30\Ev_v30_01_temperature**.

3.3. Konfiguracija komunikacijskog modula ZigBee

Da bi se komunikacijski modul ZigBee mogao koristiti za slanje i primanje podataka, potrebno je za početak stvoriti ZigBee-mrežu. Proučite primjer koda kojim se stvara ZigBee-mreža u datoteci **examples\03.Communication\XBEE\XBEE_ZB\ZB_01a_coordinator_creates_network** i obratite pozornost na parametre koji se postavljaju.

Novi čvorovi mogu ući u postojeću ZigBee-mrežu. Proučite dva načina kojima se to može ostvariti:

- **examples\03.Communication\XBEE\XBEE_ZB\ZB_02a_router_joins_known_network**
- **examples\03.Communication\XBEE\XBEE_ZB\ZB_02b_router_joins_unknown_network**

3.4. Slanje podataka korištenjem komunikacijskog modula ZigBee

Za slanje ZigBee-paketa često se koristi okvir *Wasmote Data Frame*. Proučite dokument *Data Frame Programming Guide* (<https://development.libelium.com/data-frame-programming-guide>) i pogledajte kako bi se u taj okvir trebao zapakirati podatak koji sadrži mjerenje temperature, vlage i stanja senzora akcelerometra. Dodatno, proučite primjer koda u datoteci **examples\03.Communication\XBEE\XBEE_ZB\ZB_03_send_packets** kojim je omogućeno slanje XBee-paketa korištenjem *Wasmote Data Frame-a*.

3.5. Primanje podataka korištenjem komunikacijskog modula ZigBee

Na uređaju Wasmote je potrebno i čitati dolazne ZigBee-pakete. Proučite primjer u datoteci **examples\03.Communication\XBEE\XBEE_ZB\ZB_04_receive_packets**.

3.6. Zadatak za pripremu

U sklopu pripreme, podesite razvojno okruženje Wasmote Pro IDE. Dodatno, prije samog dolaska na vježbu možete iskombinirati kod iz potpoglavlja 3.2, 3.3, 3.4 i 3.5 tako da radi sljedeće: na početku provjerava postoji li dolazna poruka i ispisuje ju ako postoji (prema kodu u potpoglavlju 3.5), očitava vrijednost s temperaturnog senzora (prema kodu u potpoglavlju 3.2) te šalje tu vrijednost mrežnom prilazu (prema kodu u potpoglavlju 3.4). Prije samog rada, potrebno je konfigurirati komunikacijski modul ZigBee i pridružiti IoT-uređaj postojećeg ZigBee-mreži s proizvoljnim postavkama (prema kodu u potpoglavlju 3.3).

Potrebne postavke nije potrebno podešavati na neku određenu vrijednost, to će biti zadatak na samoj laboratorijskoj vježbi.

Na laboratorijskoj vježbi ovaj će se kod postaviti i pokrenuti na samim uređajima.

4. Mrežni prilaz Waspote

Mrežni prilaz (*Waspote gateway*) omogućuje spajanje komunikacijskog modula ZigBee na računalo i jednostavan pristup modulu preko serijskog priključka (engl. *serial port*). U sklopu pripreme potrebno je instalirati alat XCTU koji omogućuje konfiguraciju komunikacijskog modula ZigBee te proučiti obradu ZigBee-paketa korištenjem knjižnice XBee za programski jezik Java (engl. *Xbee Java Library*, https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/90001438/Default.htm#concepts/c_90001438.htm?TocPath=____1).

4.1. Alat XCTU

Priključenjem na računalo korištenjem mrežnog prilaza Waspote, komunikacijski modul ZigBee se može lako konfigurirati korištenjem alata XCTU (<http://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/xctu-software/xctu>). Instalirajte alat na svoje računalo. Na laboratorijskoj vježbi alat će biti korišten za uvid u postavke komunikacijskog modula ZigBee. Dokumentacija za alat XCTU je dostupna na poveznici <https://development.libelium.com/xbee-x-ctu-tutorial/>.

4.2. Obrada ZigBee-paketa u Javi

Priključenjem komunikacijskog modula ZigBee na računalo preko mrežnog prilaza, modulu i njegovim porukama je moguće pristupiti i korištenjem različitih programskih jezika. U sklopu pripreme, proučite XBee Java Library (`com.digi.xbee.api`), knjižnicu u programskom jeziku Java dostupnu na poveznici <https://github.com/digidotcom/xbee-java/releases> koja omogućuje obradu ZigBee-paketa.

Upute za korištenje knjižnice možete pronaći na poveznici: <https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/PDFs/90001438.pdf>. Za lakše praćenje uputa za korištenje knjižnice preporučamo da za razvoj u Javi koristite razvojno okruženje *Eclipse*.

4.3. Zadatak za pripremu

Pogledajte primjer koda za primanje podataka s krajnjih uređaja. Primjer je dostupan na poveznici <https://github.com/digidotcom/xbee-java/tree/master/examples/communication/ReceiveDataSample>. Posebnu pozornost usmjerite na klasu `MyDataReceiveListener` te sučelje `IDataReceiveListener`.

Nakon toga pogledajte primjer koda za slanje podataka prema krajnjim uređajima dostupan na poveznici <https://github.com/digidotcom/xbee-java/tree/master/examples/communication/SendDataSample>.

Na samoj laboratorijskoj vježbi, kod će biti korišten za čitanje paketa sa senzorskim očitanjima poslanima s uređaja Waspote i slanje paketa akcije prema uređajima.

5. MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)

MQTT je protokol aplikacijskog sloja korišten u području komunikacije stroja sa strojem (engl. *Machine-to-Machine communication*, M2M) i Interneta stvari. Namijenjen je za rad na uređajima s malom procesorskom i memorijskom snagom koji su napajani baterijama malog kapaciteta. Pri komunikaciji protokolom MQTT pretpostavljaju se niske prijenosne brzine, ali potencijalno s visokim kašnjenjem i promjenjivom dostupnošću komunicirajućih uređaja. Protokol MQTT se izvodi preko konekcije temeljene na protokolnom složaju TCP/IP.

Entiteti u komunikaciji protokolom MQTT su:

- MQTT poslužitelj (broker)
- MQTT klijenti
 - Objavljiivači
 - Pretplatnici

MQTT poslužitelj (broker) je centralna komponenta sustava objavi-pretplati koja prihvaća konekcije od klijenata, prihvaća poruke koje objavljuju klijenti-objavljiivači, proslijeđuje poruke klijentima-pretplatnicima, obrađuje zahtjeve klijenata-pretplatnika za kreiranje ili ukidanje pretplate na temu te po potrebi gasi konekcije klijenata prema poslužitelju.

Funkcionalnost klijenata uključuje spajanje na poslužitelj i gašenje konekcije prema poslužitelju. Klijenti-objavljiivači objavljuju poruke i označuju temu kojoj te poruke pripadaju. Klijenti-pretplatnici se pretplaćuju na određenu temu ili ukidaju pretplatu na temu.

Pri izradi laboratorijske vježbe koristit ćete sljedeće alate:

- MQTT broker Eclipse Mosquitto: <https://mosquitto.org/>
- MQTT klijent Eclipse Paho: <https://www.eclipse.org/paho/>

5.1. Instalacija MQTT brokera

Instalaciju MQTT brokera Mosquitto možete preuzeti s poveznice <https://mosquitto.org/download/>. Nakon instalacije, broker je potrebno pokrenuti sljedećom naredbom:

- `mosquitto -v`

Za praćenje poruka koje se šalju brokeru može se koristiti alat *MQTT Explorer* kojeg je moguće preuzeti s poveznice <http://mqtt-explorer.com/>. Preporučamo da isprobate slanje MQTT poruke na proizvoljnu temu i provjerite da je uspješno objavljena pomoću alata MQTT Explorer.

5.2. Korištenje MQTT klijenta Paho za Javu

Korištenje MQTT klijenta Paho u Javi je najjednostavnije uključivanjem Maven *dependency*-ja u projekt, a *dependency* se može pronaći na poveznici <https://mvnrepository.com/artifact/org.eclipse.paho/org.eclipse.paho.client.mqttv3/1.2.5>.

Proučite primjer koda za objavljivanje podataka dostupan na poveznici <https://www.eclipse.org/paho/clients/java/#>.